

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ НИТИНОЛА

Сенкевич К.С., Чернышова Ю.В., Гусев Д.Е.

Руководитель - к.т.н. Сенкевич К.С.

ФГБОУ ВПО “МАТИ”-РГТУ им. К.Э. Циолковского, г. Москва

e-mail: senkevichks@yandex.ru

Одним из основных требований предъявляемых к сварным конструкциям имплантатов, применяемых в медицине, является их высокая коррозионная стойкость в условиях организма человека. Целью настоящей работы было изучить коррозионную стойкость сварных конструкций из нитинола, полученных способом диффузионной сварки (ДС), и установить влияние на нее формирующейся структуры сплава. В сварных конструкциях основными причинами пониженной коррозионной стойкости могут быть различные поверхностные дефекты в зоне сварки, такие как поры или непровары, которые могут приводить к развитию щелевой коррозии. Большое влияние на коррозионные свойства сварных конструкций может также оказать формирующаяся в процессе термического воздействия при сварке структура полуфабрикатов, в частности объемная доля и морфология частиц интерметаллидной фазы Ti_2Ni .

Исследование коррозионной стойкости проводили потенциодинамическим методом в 0,9%-ном водном растворе NaCl при температуре 37 ± 1 °C. Коррозионную стойкость образцов оценивали по величине плотности тока в пассивной области ($i_{пас}$) и полученным потенциалам питтингообразования ($E_{по}$). Чем ниже плотность тока ($i_{пас}$) и выше величина потенциала $E_{по}$, тем выше коррозионные свойства образцов. В качестве исходного материала использовали проволоку диаметром 2,25 и 3 мм из сплава ТН1 (Ti-55,8 масс. % Ni), полученного индукционной плавкой. Были исследованы проволоочные сварные образцы, полученные при температуре 1100°C в течении 1 часа (режим ДС), и проволоочные образцы, подвергнутые термической обработке, соответствующей режиму ДС. В качестве эталона использовали образцы, отожженные при температуре 900°C. Проведенные ранее исследования показали, что отжиг при этой температуре приводит к формированию структуры, обеспечивающей высокую коррозионную стойкость [1]. Перед испытаниями эталонные образцы и часть сварных образцов механически обрабатывали и подвергали электрополировке для удаления возможных поверхностных дефектов.

Исследование микроструктуры образцов подвергнутых термообработке, соответствующей режиму ДС, показало, что после

высокотемпературного отжига в сплаве наблюдается резкий рост зерна В2-фазы (рис. 1) и небольшое изменение объемной доли интерметаллида Ti_2Ni . Небольшое снижение объемной доли интерметаллида Ti_2Ni , должно положительным образом сказаться на коррозионных свойствах материала, так как известно, что высокое содержание хрупких частиц выкрашивающихся при поверхностной обработке изделий из нитинола, и формирующиеся ямки от них могут провоцировать развитие щелевой коррозии [2].

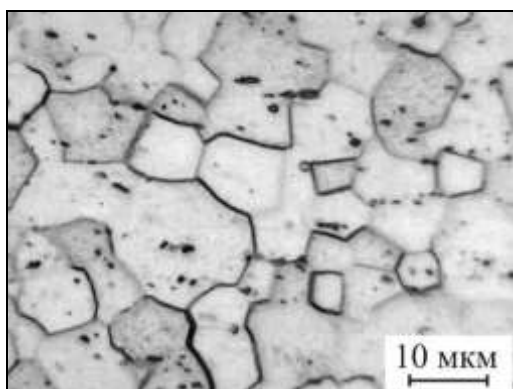
Потенциодинамические коррозионные испытания показали, что термообработка сплава при $1100^\circ C$ не ухудшает коррозионные свойства никелида титана по сравнению с эталонным образцом (табл. 1). Характер анодных поляризационных кривых сварных образцов свидетельствует об отсутствии щелевой коррозии в области зоны сварки (рис. 1). Образцы имеют высокие коррозионные свойства, что подтверждается отсутствием пробоев на поверхности и низкими значениями плотности тока пассивного состояния. Таким образом, установлено, что термическое воздействие в процессе диффузионной сварки не ухудшает коррозионные свойства материала (по сравнению с эталонным образцом).

Установлено, что у сварных образцов, не подвергавшихся дополнительной механической обработке и электролитической полировке поверхности возможно ухудшение коррозионных свойств, которое выражается в увеличении плотности тока в пассивной области и появлении питтингов на поверхности образцов при потенциале $E_{по} = 500 - 1000$ мВ.

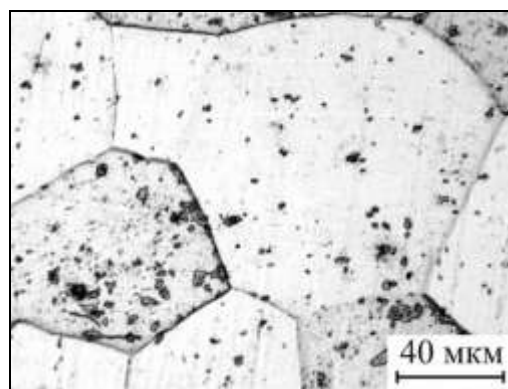
Наблюдаемое снижение коррозионной стойкости не связано с наличием сварной зоны, а обусловлено присутствием дефектов на поверхности образцов вблизи зоны сварки. После дополнительной механической обработки и электрополировки поверхности сварные конструкции из нитинола, полученные диффузионной сваркой, обладают высокой коррозионной стойкостью в среде организма человека, что допускает их применение в медицине при производстве имплантатов.

Таблица 1. Результаты потенциодинамических испытаний проволоки и сварных образцов из сплава ТН1 в 0,9%-ном водном растворе NaCl

| Объект исследования | Температура нагрева | $i_{пас}, A/cm^2$ | $E_{по}, мВ$ |
|--|-----------------------|--|--------------|
| Проволока ($\varnothing 2,25$ мм) | Отжиг, $900^\circ C$ | $4,0 \cdot 10^{-7} \div 1,2 \cdot 10^{-6}$ | нет пробоя |
| | Отжиг, $1100^\circ C$ | $2,0 \cdot 10^{-7} \div 1,3 \cdot 10^{-6}$ | нет пробоя |
| Сварные образцы ($\varnothing 2,25$ мм) | ДС, $1100^\circ C$ | $4,5 \cdot 10^{-7} \div 1,3 \cdot 10^{-6}$ | нет пробоя |
| Сварные образцы ($\varnothing 3,0$ мм) | ДС, $1100^\circ C$ | $4,5 \cdot 10^{-7} \div 1,3 \cdot 10^{-6}$ | нет пробоя |

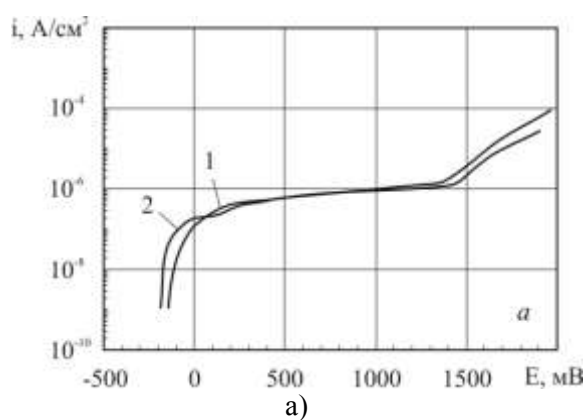


a

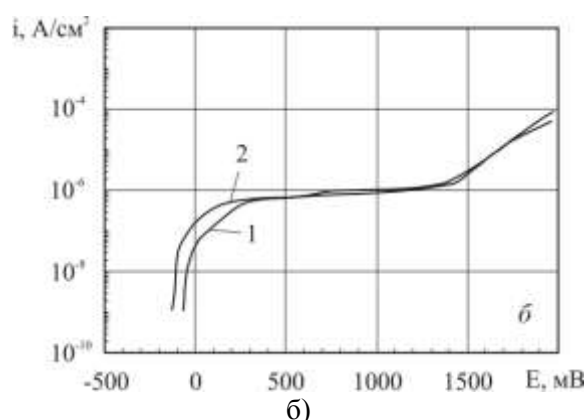


б

Рис. 1. Структура сплава на основе TiNi после отжига 700 °С, 1 час (*a*) и 1100 °С, 1 час (*б*).



a)



б)

Рис. 2. Анодные потенциодинамические кривые образцов из сплава TiNi (с полированной поверхностью), полученные в 0,9 % водном растворе NaCl при 37°С:

а – проволока после отжига при 900°С (1) и 1100°С (2);
б – сварные образцы из проволоки диаметром 2,25 (1) и 3,0 мм (2).

Список литературы.

1. Коллеров М.Ю., Гусев Д.Е., Александров А.В., Чернышова Ю.В. Влияние структуры полуфабрикатов и технологии их обработки на коррозионную стойкость медицинских изделий из никелида титана. Технология легких сплавов. №4, с.18-21.
2. Shabalovskaya S., Anderegg J., Van Humbeeck J. Recent observations of particulates in Nitinol (2008) Materials Science and Engineering A, 481-482 (1-2 C), pp. 431-436.